Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 413-425
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۲۵-۴۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

مقاله پژوهشی

تأثیر پرتو فرابنفش بر رشد، مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم (*Centaurea cyanus*)

مهدی رستگار[1]- حسن مومیوند[2]*- علیرضا شایگان فر[3]- عبدالحسین رضایی نژاد[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۲۷

چکیده

در دهه‌های گذشته فعالیت‌های انسانی موجب اثرات نامطلوبی بر اتمسفر و لایه ازن استراتوسفری و در نتیجه افزایش میزان پرتو فرابنفش خورشید در سطح کره زمین به‌ویژه در ارتفاعات شده است. پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر پرتو فرابنفش بر رشد، خصوصیات مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم در شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۷ انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی اجرا شد. پرتو فرابنفش در چهار سطح به‌عنوان عامل اول (شامل: شاهد، پرتو فرابنفش A، پرتو فرابنفش B و پرتو فرابنفش A+B) و سه رقم گل گندم (ارقام صورتی *C. cyanus* var. Kornblume pink، قرمز *C. cyanus* var. Kornblume rot و آبی *C. cyanus* var. Kornblume blau) به‌عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تیمار پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B منجر به کاهش اغلب صفات مورفولوژی و صفات وابسته به رشد و عملکرد گیاه گردید. تیمار پرتو فرابنفش A باعث کاهش طول ساقه گل‌دهنده و وزن‌تر و خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید. بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کاربرد پرتو فرابنفش A منجر به کاهش تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شدن اولین گل در ارقام گل گندم نسبت به تیمار شاهد گردید. تیمار پرتو فرابفش B باعث گلدهی زودتر گل گندم در مقایسه با فرابنفش A گردید. با این‌حال سریع‌ترین ورود به فاز زایشی و گلدهی ارقام گل گندم با کاربرد همزمان فرابنفش A و B مشاهده شد. با وجود این‌که رقم Kornblume rot از رشد رویشی بیشتری برخوردار بود، رقم Kornblume pink با داشتن تعداد گل‌های بیشتر، بالاترین عملکرد گل و گلدهی سریع‌تر نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه برای کشت مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: تغییرات اقلیمی، فرابنفش A، فرابنفش B، گیاهان دارویی

مقدمه

پرتو فرابنفش هشت تا نه درصد طیف خورشید را شامل می‌شود و به‌دلیل داشتن طول موج پائین نسبت به نور مرئی دارای انرژی زیادی برای نفوذ به بافت‌ها است. در میان موجودات زنده، گیاهان به دلیل نیاز فراوان و اجتناب‌ناپذیرشان به نور برای انجام فتوسنتز، بیشتر تحت تأثیر پرتوهای فرابنفش قرار می‌گیرند و در نتیجه در مقابل آن‌ها آسیب‌پذیرتر هستند (۴). این پرتوها بخشی از طیف الکترومغناطیسی بین اشعه X و نور مرئی هستند که به‌طور متداول به پرتوهای فرابنفش A (۴۰۰-۳۱۵ نانومتر)، فرابنفش B (۳۱۵-۲۸۰ نانومتر) و فرابنفش C (۲۸۰-۱۰۰ نانومتر) تقسیم می‌شوند. پرتو فرابنفش C به‌طور کامل به وسیله لایه اُزن استراتوسفری جذب می‌شود، اما پرتو فرابنفش A و بخشی از فرابنفش B به سطح زمین می‌رسند و می‌توانند بر بیوسفر تأثیرگذار باشند. پرتو فرابنفش B زیان‌بارترین شکل از نور خورشید است که به سطح زمین می‌رسد (۳۷). اگرچه اُزن استراتوسفری مقدار پرتو فرابنفش B که به سطح زمین می‌رسد را تعیین می‌کند، اما عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، عوامل زمین‌شناختی، آلودگی‌های جوی، عوامل آب و هوایی و سایر عوامل نیز به‌طور معناداری بر میزان آن تأثیرگذار هستند (۲۰). امروزه فعالیت‌های صنعتی بشر باعث افزایش ترکیبات آلوده‌کننده اتمسفر به‌خصوص ترکیبات هالوژن‌دار شده است. این ترکیبات به‌دلیل پایداری زیادی که دارند به سطح استراتوسفر رسیده و باعث تخریب لایه اُزن استراتوسفری می‌شوند. با توجه به اهمیت لایه اُزن در

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، استادیار و استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mumivand.h@lu.ac.ir)
۳- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ایران

DOI: 10.22067/jhs.2021.61939.0

جلوگیری از تابش فرابنفش به سطح زمین، کاهش ضخامت لایه اُزن باعث افزایش میزان تابش فرابنفش در سطح زمین شده و مشکلاتی را برای موجودات زنده به وجود آورده است (۳۳).

گیاهان در پاسخ به تابش پرتو فرابنفش محیط واکنش‌های متفاوتی نشان می‌دهند. پاسخ گیاهان به پرتو فرابنفش به دو صورت کلی شامل تحمل اثرات مخرب این تشعشع و یا اجتناب از آن نمایان می‌شود (۱۷). رشد بعضی از گیاهان مثل کدو، لوبیا و اسفناج نیوزلندی[1] توسط تابش فرابنفش بازداشته می‌شود، در صورتی‌که رشد برخی دیگر مانند گوجه‌فرنگی تحریک می‌شود. برخی دیگر از گونه‌های گیاهی مانند کتان و جو نسبت به تابش فرابنفش بی‌تفاوت هستند. حساسیت‌های متفاوت گیاهان مربوط به تفاوت در سازوکارهای حفاظتی مانند افزایش سنتز مواد جذب‌کننده تابش فرابنفش، بازتابش فرابنفش، افزایش ضخامت کوتیکول و افزایش ضخامت برگ آن‌ها است (۵). به‌طور کلی تغییرات ایجاد شده در مورفولوژی گیاهان توسط اشعه فرابنفش شامل تغییر در شکل ظاهری برگ، افزایش شاخه‌های جانبی، کاهش طول میان‌گره‌ها، کاهش وزن، کاهش سطح برگ، کاهش سطح روزنه‌ای و کاهش ارتفاع گیاه است. همچنین اشعه فرابنفش با مهار تقسیم سلولی موجب کاهش رشد، تولیدمثل و فتوسنتز در گیاه می‌شود (۱۰).

در مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) روی سه گونه آویشن *Thymus daenensis*، *Thymus fedtschenkoi* و *Thymus vulgaris* مشخص گردید که پرتو فرابنفش B باعث افزایش رشد و زود گل‌دهی آویشن *T. daenensis* و کاهش ارتفاع، ایجاد رشد متراکم و رُزت و تاخیر در رشد و گل‌دهی آویشن *T. fedtschenkoi* شد. تیمار پرتو فرابنفش B باعث افزایش نسبت برگ به ساقه در هر سه گونه گردید. علاوه براین تیمار همزمان پرتو فرابنفش A و کودهای نانو، باعث کاهش رشد، تأخیر در گل‌دهی، کوتاه‌قدی و در نهایت رشد رُزت آویشن *T. vulgaris* شد. نتایج حاصل از بررسی تأثیر تابش پرتو فرابنفش بر رشد و ماندگاری پس از برداشت سه رقم رز نشان داد که پرتو فرابنفش باعث کاهش رشد هر سه رقم شد، گرچه این تأثیر در ارتفاعات پایین‌تر شدید تر بود. علاوه براین افزایش تابش پرتو فرابنفش باعث تأخیر در گلدهی به مدت ۱۰-۷ روز گردید. با این وجود پرتو فرابنفش تأثیری بر کاهش مقدار آب و عمر پس از برداشت گل‌های بریده رز نداشت (۳۴). بررسی نتایج حاصل از تأثیر تابش طولانی مدت پرتو فرابنفش B روی پنج گونه درخت پهن برگ شامل زبان گنجشک[2]، توس نقره‌ای[3]، نمدار[4]، بلوط قرمز اروپایی[5] و افرای شبه‌چناری[6] در سال پنجم نشان داد که میزان فتوسنتز، تعرق و بازدهی مصرف آب در این گونه‌ها تحت تابش فرابنفش B کاهش یافت. این تغییرات با کاهش چشم‌گیر در سطح برگ، تراکم روزنه، هدایت روزنه‌ای و راندمان مصرف آب همراه بود (۱۳). تابش پرتو فرابنفش B در گیاه سوسن صغیر[7] منجر به کاهش وزن و سطح برگ گیاه شد و با افزایش شدت تابش این کاهش بیش‌تر شد (۲).

گل گندم با نام علمی *Centaurea cyanus* گیاهی یک‌ساله متعلق به خانواده آفتابگردان[8]، به ارتفاع حدود ۵۰ سانتی‌متر، اغلب با ساقه ساده یا گاهی منشعب، به‌ندرت در بالا با شاخه‌های راست ایستاده و منتهی به یک گل آذین کپه است. برگ‌ها دارای کرک نمدی هلویی خاکستری کم و بیش انبوه هستند. گل‌گندم بومی اروپاست که علاوه بر اروپا در پاکستان، ترکیه، عراق و ایران نیز رشد می‌کند. این گیاه به‌عنوان گل بریده برای مصارف زینتی کاربرد دارد و به‌دلیل تنوع رنگی که دارد در باغ‌های پرورش گل نیز استفاده می‌شود. گل‌ها به رنگ‌های صورتی، آبی، قرمز، سفید، بنفش، خاکستری و مشکی دیده می‌شوند. گل‌های این گیاه قابض ملایم است و عرق آن نیز در گذشته به‌منظور برطرف کردن ضعف بینایی به‌کار می‌رفته است. در طب جدید نیز از گل‌های آن به‌عنوان مقوی، محرک و قاعده آور استفاده می‌کنند (۲۳). در پایه‌هایی از این گیاه که گل‌های صورتی رنگ دارند، به جای پروتوسیانین ماده رنگی پلارگونین در گل دیده می‌شود. در گیاه کامل مقدار زیادی پتاسیم، اسید فسفریک، تانن، ماده‌ای با اثر تب‌بر به نام کنی‌سین و مقدار نسبتاً زیادی منگنز وجود دارد (۳۹). با توجه به افزایش روزافزون میزان پرتوهای فرابنفش در جو کره زمین و نظر به اثرات شدید این پرتوها بر گیاهان، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تاثیر پرتوهای فرابنفش (UV-A و UV-B) بر رشد، مورفولوژی و فنولوژی سه رقم گل گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۷ طراحی و اجرا شد. سازه اصلی گلخانه‌ها فلزی و پوشش آن‌ها از ورقه‌های پلی کربنات تشکیل شده است. به منظور خنک‌سازی فضای این گلخانه‌ها از سیستم فن و پد استفاده می‌شود. همچنین جهت تامین گرمای مورد نیاز در طول فصل سرد سال، بخاری‌های گازی دارای فن‌های دمنده به‌کارگیری شده است. دمای گلخانه در طول دوره انجام آزمایش در روز ۲۷-۲۵ درجه

1 - *Tetragonia expansa*

2- *Fraxinus excelsior*

3- *Betula pendula*

4- *Tilia cordata*

5- *Quercus robur*

6- *Acer pseudoplatanus*

7- *Acorus calamus*

8- Asteraceae

سانتی‌گراد و در شب ۱۷-۱۵ درجه سانتی‌گراد، و رطوبت نسبی نیز برابر با ۷۰ درصد بود. ابتدا بذر ارقام گل گندم در سینی‌های پلاستیکی حاوی کوکوپیت کشت گردید و پس از رسیدن به مرحله دو برگی به گلدان‌های هشت لیتری منتقل شدند. این گلدان‌ها به وسیله مخلوطی از خاک، کود دامی پوسیده و ماسه به نسبت مساوی ۱:۱:۱ پر شده بودند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان‌ها در جدول (۱) آمده است. این مطالعه به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار طراحی و اجرا شد. تابش پرتو فرابنفش در چهار سطح (شامل: شاهد یا عدم کاربرد پرتو فرابنفش، پرتو فرابنفش A، پرتو فرابنفش B و پرتو فرابنفش A+B) به‌عنوان کرت اصلی و نوع رقم در سه سطح (ارقام صورتی *C. cyanus* var. Kornblume pink، قرمز *C. cyanus* var. Kornblume rot و آبی *C. cyanus* var. Kornblume blau) به‌عنوان کرت فرعی (در مجموع ۳۶ واحد آزمایشی) در نظر گرفته شدند. پس از رسیدن نشاها به مرحله رشدی چهار برگ حقیقی، تیماردهی توسط لامپ‌های ساخت شرکت Q-Lab آمریکا شروع شد. لازم به ذکر است که لامپ‌های ۴۰ واتی مورد استفاده در این مطالعه باند پهن[1] بوده و بیش‌ترین تطبیق را با فرابنفش B (در لامپ‌های فرابنفش B) و فرابنفش A (در لامپ‌های فرابنفش A) دریافتی از نور خورشید در سطح زمین داشتند، بنابراین بهترین شبیه‌سازی ممکن را فراهم می‌کردند. پیک تابشی لامپ‌های فرابنفش A برابر با ۳۵۱ نانومتر و فرابنفش B برابر ۳۱۳ نانومتر بود. به‌منظور استقرار لامپ‌ها و شروع تیماردهی، تعدادی پایه فلزی نگهدارنده قبلاً تهیه و لامپ‌ها روی آن‌ها نصب شد. از یک تایمر الکتریکی نیز جهت تنظیم زمان خاموش و روشن شدن لامپ‌ها استفاده گردید. تیماردهی به‌صورت روزانه به مدت سه ساعت طی روز و از ساعت ۱۱ تا ۱۴ که بیش‌ترین تابش پرتو فرابنفش خورشیدی وجود دارد اعمال شد. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای مختلف، فاصله بین تیمارها بوسیله یونولیت ایزوله گردید (۳۲). در طول دوره رشد گیاهان صفات فنولوژیک (تعداد روز تا ظهور اولین ساقه گل دهنده، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل، تعداد روز تا باز شدن کامل اولین گل و تعداد روزهای ماندگاری گل روی بوته) یادداشت شدند. در پایان آزمایش نیز صفات مورفولوژیک (طول ساقه گل‌دهنده، تعداد گل، قطر گل، سطح برگ، سطح روزنه، تراکم روزنه، قطر طوقه، طول میانگره، طول و عرض برگ و ارتفاع بوته) و زی‌توده[2] گیاهی (وزن تر و خشک پیکر رویشی و وزن تر و خشک گل) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس طرح آزمایشی مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Minitab صورت گرفت و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. برای ترسیم جداول از نرم‌افزارهای Word و Excel استفاده گردید.

نتایج

صفات مورفولوژی

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی (جدول ۲) نشان داد که اثر پرتو فرابنفش بر صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، قطر طوقه، عرض برگ، سطح برگ و طول ساقه گل‌دهنده معنی‌دار بود. همچنین صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، طول و عرض برگ، سطح برگ و طول ساقه گل‌دهنده نیز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفتند. اثر متقابل پرتو فرابنفش و رقم نیز بر صفات طول میانگره و سطح برگ معنی‌دار شد.

نتایج مقایسه میانگین اثر پرتو فرابنفش بر صفات مورفولوژی گل گندم (جدول ۳) نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار پرتو فرابنفش A و شاهد و کم‌ترین آن در تیمار پرتو فرابنفش A+B مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان قطر طوقه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای پرتو فرابنفش A+B و A بود. بیش‌ترین و کم‌ترین عرض برگ نیز به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد و پرتو فرابنفش B بود. بیش‌ترین طول ساقه گل‌دهنده نیز در تیماره شاهد و کم‌ترین آن در تیمار پرتو فرابنفش A+B به‌دست آمد.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقم بر صفات مورفولوژی گل گندم نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم Kornblume pink و کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به رقم Kornblume blau بود. بیش‌ترین طول و عرض برگ در رقم Kornblume rot و کم‌ترین طول و عرض برگ به‌ترتیب در ارقام Kornblume pink و Kornblume blau به‌دست آمد. بیش‌ترین و کم‌ترین طول ساقه گل‌دهنده نیز به‌ترتیب مربوط به ارقام Kornblume blau و Kornblume pink بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پرتو فرابنفش و نوع رقم بر صفات مورفولوژی گل گندم نشان داد که بیش‌ترین طول میانگره در تیمار پرتو فرابنفش A و رقم Kornblume blau به‌دست آمد. کم‌ترین طول میانگره نیز در تیمار پرتو فرابنفش B و رقم Kornblume rot و تیمار پرتو فرابنفش A+B و رقم Kornblume pink به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین بیش‌ترین میزان سطح برگ در تیمار شاهد و رقم Kornblume blau

1- Broad Band

2- Biomass

مشـاهده شد که با ارقام Kornblume rot و Kornblume pink در تیمار شـــاهد و رقم Kornblume blau در تیمار فرابنفش A اختلاف معنی‌دار نداشت. و دو رقم و کم‌ترین میزان سطح برگ مربوط به تیمار پرتو فرابنفش A+B و رقم Kornblume pink بود (جدول ۵).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some physical and chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture (%)	نیتروژن N (%)	پتاسیم K (ppm)	کربن آلی C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	pH
Sandy - clay –loam لومی-رسی-شنی	0.242	362.55	2.81	2.02	7.9

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی سه رقم گل گندم

Table 2- ANOVA for the effect of UV radiation on some morphological traits of three Cornflowers cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	ارتفاع بوته Height	طول میانگره Internode	قطر طوقه Crown Diameter	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf width	سطح برگ Leaf area	طول ساقه گل دهنده Flowering stem height
A	3	1219.410^{**}	0.294^{**}	4.359^{*}	0.517^{ns}	0.584^{**}	6.573^{**}	803.450^{**}
Error A	8	26.890	0.015	1.010	2.198	0.078	0.269	32.260
B	2	253.270^{**}	0.104^{*}	1.881^{ns}	15.907^{**}	0.697^{**}	1.535^{*}	71.470^{*}
A×B	6	17.240^{ns}	0.065^{*}	2.064^{ns}	4.209^{ns}	0.078^{ns}	0.647^{*}	32.010^{ns}
Error B	15	32.150	0.017	0.043	1.985	0.043	0.166	13.100
C.V (%)	-	5.511	7.811	9.707	6.081	8.274	12.520	7.262

A: پرتو فرابنفش؛ B: رقم؛ A×B: اثر متقابل رقم × پرتو فرابنفش؛ ** و*: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns}: عدم معنی‌داری.

A: UV radiation؛ B: Cultivar؛ A×B: interaction effect of UV ×cultivar؛ **and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, ^{ns}: non-significant.

جدول ۳- اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات مورفولوژی گل گندم

Table 3- The effect of UV radiation on some morphological traits of Cornflower

تیمار فرابنفش UV radiation	ارتفاع بوته Height (cm)	قطر طوقه Crown Diameter (mm)	عرض برگ Leaf width (cm)	طول ساقه گل دهنده Flowering stem height (cm)
0	115.889^{a}	9.930^{bc}	2.720^{a}	61.444^{a}
UV A	116.083^{a}	9.799^{c}	2.580^{ab}	47.166^{b}
UV B	100.333^{b}	10.976^{ab}	2.121^{c}	45.555^{b}
UV A+ UV B	92.000^{c}	11.213^{a}	2.429^{b}	39.000^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۴- اثر رقم بر برخی صفات مورفولوژی گل گندم

Table 4- The effect of cultivar on some morphological traits of Cornflower

رقم Cultivar	ارتفاع بوته Height (cm)	طول برگ Leaf length (cm)	عرض برگ Leaf width (cm)	طول ساقه گل دهنده Flowering stem height (cm)
Kornblume pink	110.729^{a}	21.407^{b}	2.373^{b}	46.208^{b}
Kornblume rot	106.333^{a}	23.553^{a}	2.737^{a}	47.583^{b}
Kornblume blau	101.167^{b}	23.491^{a}	2.278^{b}	51.083^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۵- اثر متقابل پرتو فرابنفش × رقم بر برخی صفات مورفولوژی سه رقم گل گندم

Table 5- The interaction effect of ultraviolet radiation ×cultivar on some morphological traits of Cornflower

تیمار فرابنفش UV radiation	رقم Cultivar	طول میانگره Internode (cm)	سطح برگ Leaf area (cm^2)
0	Kornblume pink	2.000[b]	4.083[a]
	Kornblume rot	1.800[bcd]	4.332[a]
	Kornblume blau	1.966[b]	4.720[a]
UV A	Kornblume pink	1.775[bcd]	2.239[bc]
	Kornblume rot	1.966[b]	2.826[b]
	Kornblume blau	2.233[a]	4.146[a]
UV B	Kornblume pink	1.866[b]	2.611[bc]
	Kornblume rot	1.500[e]	2.781 [bc]
	Kornblume blau	1.833[bc]	2.386 [bc]
UV A+ UV B	Kornblume pink	1.500[e]	2.075[c]
	Kornblume rot	1.633[cde]	2.813[b]
	Kornblume blau	1.600[de]	2.744[bc]

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

صفات فنولوژی و زی‌توده گیاهی

نتایج تجزیه واریانس صفات فنولوژی و زی‌توده گیاهی (جدول ۶) نشـان داد که اثر پرتو فرابنفش بر صـفات وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشک برگ، تعداد گل، وزن خشک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچـه گـل و تعـداد روز تا باز شـدن اولین گل معنی دار بود. همچنین صـفات وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشـک برگ، وزن خشـک سـاقه، عملکرد گل، تعداد گل، وزن تر گل، وزن خشـک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شـدن اولین گل به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع رقم قرار گرفتند. اثر متقابل رقم و پرتو فرابنفش نیز در هیچ یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود.

نتایج مقایســه میانگین اثر پرتو فرابفش بر صــفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم (جدول ۷) نشـان داد که بیش‌ترین میزان وزن تر و خشک بوته مربوط به تیمار شاهد و کم‌ترین آن‌ها مربوط به تیمار پرتو فرابنفش A بود کـه اختلاف معنی‌داری بـا تیمار فرابنفش B و A+B نداشت. بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ در تیمار شاهد به‌دست آمد و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار پرتو فرابنفش B مشــاهده شــد که اختلاف معنی‌داری با تیمار فرابنفش A+B نداشـت. بیش‌ترین مقادیر مربوط به تعداد گل، وزن خشــک گل، تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شـدن اولین گل مربوط به تیمار شـاهد بود. در حالی‌که کم‌ترین مقادیر این صـفات در تیمار فرابنفش A+B مشاهده گردید، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار فرابنفش B نداشت.

نتایج مقایســه میانگین اثر رقم بر صـفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر به‌دست آمده برای وزن تر گـل و تعـداد روز تـا باز شـدن اولین گل به‌ترتیب مربوط به رقم Kornblume rot و رقم Kornblume pink بود. همچنین بیش‌ترین میزان وزن تر بوته، وزن خشـک بوته، وزن خشک ساقه، وزن خشک گل و تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل از رقم Kornblume rot و کم‌ترین آن از رقم Kornblume blau بـه‌دسـت آمـد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقـادیر مربوط بـه وزن خشـک برگ نیز به‌ترتیب مربوط به ارقـام Kornblume blau و Kornblume pink بود. در عین حـال بیش‌ترین مقـدار عملکرد گـل و تعـداد گـل متعلق بـه گیـاهـان رقم Kornblume pink و کم‌ترین میزان این صفات نیز مربوط به گیاهان رقم Kornblume rot بود (جدول ۸).

بحث

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که تیمار پرتو فرابنفش B و کـاربرد همزمـان فرابنفش A و B منجر بـه کاهش اغلب صــفات مورفولوژی و صـفات وابسته به رشد و عملکرد گیاه شامل ارتفاع بوته، طول میانگره، عرض برگ، سطح برگ، طول ساقه گل‌دهنده، وزن تر و خشـک گیاه، وزن خشک برگ، وزن خشک گل و تعداد گل گردید. با این وجود تغییر معنی‌داری در عملکرد گل خشـک مشـاهده نشـد. برخلاف این، قطر طوقـه گیـاه تحـت تـأثیر تیمار پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B افزایش یافت.

نتایج این پژوهش با توجه به کاهش وزن تر و خشــک گیاهان و همچنین کاهش سـطح برگ بر اثر تابش پرتو فرابنفش B نسـبت به شـاهد، با نتایج تحقیقات کریزک و همکاران (۱۴) در کاهو[1]، مهدویان و همکاران (۱۹) در فلفل[2] و همچنین شـاهبداغلو و همکاران (۲۹) در آرتیشو[3] همخوانی داشت.

1- *Lactuca sativa* L.

2- *Capsicum annum*

3- *Cynara scolymus*

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات فنولوژی و زیست‌توده سه رقم گل گندم

Table 6- ANOVA for the effect of UV radiation on some phenological and biomass traits of three Cornflower cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن خشک گل Flower dry weight	عملکرد گل Flower yield	ماندگاری گل Flower vase life	تعداد روز تا ظهور ساقه گل دهنده Days until flowering stem emersion	تعداد روز تا ظهور جوانه گل Days until flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
A	3	3055.900**	31.319*	17.426**	28.175^{ns}	86.200*	0.023^{ns}	0.001*	1.028^{ns}	2.029^{ns}	97.900^{ns}	359.560**	341.430**
Error A	8	265.000	7.624	0.739	15.871	40.840	0.004	0.0001	0.825	5.038	13.670	17.860	23.540
B	2	1826.000*	133.691**	11.761*	63.058*	8949.020**	0.126**	0.002**	65.062**	7.446^{ns}	81.330^{ns}	115.660**	298.740**
A×B	6	377.800^{ns}	12.898^{ns}	3.644^{ns}	2.002^{ns}	71.750^{ns}	0.025^{ns}	0.0005^{ns}	0.825^{ns}	7.735^{ns}	26.330^{ns}	22.290^{ns}	12.620^{ns}
Error B	15	477.900	7.914	2.574	10.793	26.000	0.0117	0.0002	1.220	2.813	43.240	18.390	20.590
C. V (%)	-	15.016	11.654	13.008	29.735	7.822	21.706	15.584	17.362	18.247	13.166	5.221	4.828

A: پرتو فرابنفش؛ B: رقم؛ A×B: اثر متقابل رقم × پرتو فرابنفش؛ ** و *: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: عدم معنی‌داری.

A: UV radiation; B: Cultivar; A×B: interaction effect of UV ×cultivar; **and *: significant at 1% and 5% of probability levels, respectively, ns: non-significant.

مرور منابع علمی نشان می‌دهد که با توجه به نوع گونه و خصوصیات ژنتیکی، گیاهان واکنش‌های نسبتاً متفاوتی به UV-B نشان می‌دهند؛ اما در اغلب گونه‌های گیاهی در پاسخ به پرتو فرابنفش B پارامترهایی نظیر سطح برگ، زی‌توده گیاهی، رنگدانه‌های فتوسنتزی و ارتفاع گیاه کاهش و ضخامت برگ و میزان ترکیبات جذب کننده فرابنفش به طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد (۱۴). برای مثال پرتو فرابنفش (UV-B) باعث کاهش رشد طولی ریشه و اندام هوایی گیاه بادرنجبویه (۲۵)، کاهش طول اندام هوایی و ریشه جعفری (۲۲)، کاهش سطح برگ و ارتفاع کلزا (۲۴)، کاهش ارتفاع آویشن باغی و دنایی(۳۱)، کاهش ارتفاع سویا (۴۰)، کاهش تعداد ساقه‌های جانبی، تعداد گل‌آذین و ارتفاع شمعدانی (۷) و کاهش سطح برگ سوسن (۱۵) گردید. نتایج پژوهشی که توسط محمدی و همکاران (۲۱) با هدف بررسی تأثیر طول مدت تابش نور فرابنفش B بر پاسخ‌های مورفولوژیک دو رقم ریحان انجام شد، نشان داد که در بیشترین میزان تابش اشعه ماورای بنفش (۲۰ دقیقه در روز)، ارتفاع ساقه ۱۱/۲ درصد و طول ریشه ۱۰/۱ درصد در مقایسه با شاهد کاهش و ضخامت برگ ۳۲/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشت. در حالی که سطح برگ، تعداد برگ، وزن خشک ریشه و ساقه در اثر طول مدت تابش، نسبت به شاهد ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت.

واکنش رشدی گیاهان به پرتوهای فرابنفش بسیار متفاوت است. در گیاهان متعددی مشاهده شده که پرتو فرابنفش A تأثیر منفی بر رشد گیاهان ندارد. در حالی‌که پرتو فرابنفش B موجب کاهش سطح برگ و رشد گیاهان می‌شود. پرتو فرابنفش B به طور مستقیم باعث کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و تثبیت کربن، کاهش تولید ماده خشک و نشاسته و به طور غیر مستقیم باعث بسته شدن روزنه‌ها، تغییر ضخامت برگ و کاهش سطح سایه‌انداز گیاه می‌شود که این موضوع می تواند باعث کاهش رشد گیاهان شده و از این طریق در نهایت منجر به کاهش وزن تر و خشک گیاه گردد (۲۹). تخریب رنگدانه‌های گیرنده نور (کلروفیل) نیز یکی از عوامل اصلی کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاه تحت تأثیر فرابنفش B است (۳۲). در مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) تابش پرتو فرابنفش B اثر معنی‌داری در کاهش ارتفاع آویشن باغی[1] و آویشن دنایی[2] داشت.

اغلب گیاهان زمانی‌که تحت تأثیر پرتو فرابنفش قرار می‌گیرند، در ساختمان تشریحی برگ آن‌ها تغییراتی ایجاد می‌شود که یکی از این تغییرات کاهش سطح برگ است. احتمالاً تابش پرتو فرابنفش B باعث کاهش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول‌ها و کاهش تعداد سلول‌های در حال میتوز می‌گردد، از طرفی زمان تقسیم سلولی را نیز کاهش می‌دهد. بنابراین سلول‌ها فرصت کافی را برای تقسیم و گسترش سلولی پیدا نمی‌کنند. شاید این موضوع بخاطر محدود کردن ایندول استیک اسید به عنوان یک تنظیم کننده رشد کلیدی در گیاهان باشد. همچنین پرتو فرابنفش B باعث کاهش اکسیداسیون ایندول استیک اسید نیز می‌شود (۳۲)، در نتیجه کاهش سطح برگ، طول میانگره، ارتفاع گیاه و ارتفاع ساقه گل دهنده را به دنبال دارد. نتایج حاصل از این پژوهش در این زمینه با نتایج تحقیقات تورونن و همکاران (۳۶) در گیاه کاج اسکاتلندی، مهدویان و همکاران (۱۹) در فلفل، کاتاریا و همکاران (۱۱) در پنبه و شاهبداغلو و همکاران (۲۹) در آرتیشو همخوانی داشت.

علاوه بر این تابش همزمان پرتوهای فرابنفش A و B باعث کاهش ارتفاع گیاه، سطح برگ، طول میانگره، ارتفاع ساقه گل‌دهنده و وزن خشک برگ و گل در مقایسه با گیاهان تیمار شده با پرتو فرابنفش A و شاهد شد که با نتایج حاصل از تحقیقات رز (۲۴) در آفتاب گردان[3]، هاپکینز و همکاران (۹) در گندم[4]، آگراول و همکاران (۱) در گندم، سانتوز و همکاران (۲۸) در سیب زمینی[5] و فاروق و همکاران (۷) در عدسک آبی[6] مطابقت داشت.

تیمار پرتو فرابنفش A باعث کاهش طول ساقه گل‌دهنده و وزن تر و خشک بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید، با این‌حال تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، عرض برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک گل و تعداد گل نداشت. علاوه براین تیمار فرابنفش A باعث کاهش سطح برگ و طول میانگره در ارقام Kornblume rot و Kornblume pink گردید، در حالی‌که هیچ تأثیر معنی‌داری بر این صفات در رقم Kornblume blau نداشت. پاسخ گیاهان به پرتو فرابنفش A متفاوت و مطالعات موجود اغلب حاوی اطلاعات متناقضی است (۳۸). تعدادی از مطالعات گزارش کرده‌اند که پرتو فرابنفش A باعث تسریع رشد و تغییر در مورفولوژی گیاهان می‌شود (۳). برخلاف این برخی دیگر از مطالعات هیچ‌گونه پاسخ معنی‌داری یا اثرات منفی (به عنوان مثال جلوگیری از تجمع زی‌توده یا گسترش برگ) تحت تابش پرتو فرابنفش A گزارش نکرده‌اند (۱۴)، (۳۵) و (۴۰). در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، مافی و همکاران (۱۸) نشان دادند که گیاهان نعناع فلفلی تابش دهی شده با فرابنفش A به همراه نور مرئی، تفاوت قابل ملاحظه ای از نظر ارتفاع بوته و سطح برگ نسبت به شاهد نشان ندادند. در پژوهشی دیگر تابش پرتوهای UV-C و -UV Aباعث کاهش سطح برگ شاهدانه شد.

1- *Thymus vulgaris*
2- *Thymus daenensis*
3- *Helianthus annuus*
4- *Triticum aestivum*
5- *Solanum tuberosum*
6- *Spirodela polyrhiza*

جدول ۸- اثر رقم بر برخی صفات فنولوژی و زی‌توده گندم

Table 8- The effect of cultivar on some phenological traits of Cornflower

رقم Cultivar	وزن تر بوته Plant fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک بوته Plant dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g.plant^{-1})	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight (g)	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	عملکرد گل Flower yield (g.plant^{-1})	تعداد روز تا ظهور اولین جوانه گل Days until first flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
Kornblume pink	142.167^{ab}	22.217^{b}	11.784^{b}	12.269^{ab}	96.145^{a}	0.388^{b}	0.098^{ab}	9.978^{a}	81.500^{ab}	89.270^{b}
Kornblume rot	154.917^{a}	27.853^{a}	12.917^{ab}	14.103^{a}	42.250^{c}	0.599^{a}	0.111^{a}	5.647^{b}	85.250^{a}	98.750^{a}
Kornblume blau	130.250^{b}	21.816^{b}	13.855^{a}	9.544^{b}	51.000^{b}	0.469^{b}	0.085^{b}	5.756^{b}	79.083^{b}	90.750^{b}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% of probability level based on the LSD test.

جدول ۷- اثر پرتو فرابنفش بر برخی صفات فنولوژی و زی‌توده گل گندم

Table 7- The effect of UV radiation on some phenological traits in Cornflower

تیمار فرابنفش UV radiation	وزن تر بوته Plant fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک بوته Plant dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g.plant^{-1})	تعداد گل Number of flower	وزن خشک گل Flower dry weight (g)	تعداد روز تا ظهور جوانه گل Days until the flower bud emersion	تعداد روز تا باز شدن اولین گل Days until first flower opening
0	169.778^{a}	26.450^{a}	14.426^{a}	66.222^{a}	0.113^{a}	90.333^{a}	101.000^{a}
UV A	128.000^{b}	22.150^{b}	13.562^{ab}	65.416^{ab}	0.099^{ab}	82.666^{b}	94.250^{b}
UV B	139.444^{b}	24.470^{ab}	11.305^{c}	61.000^{bc}	0.091^{b}	79.333^{bc}	89.444^{bc}
UV A+ UV B	132.556^{b}	22.780^{b}	12.116^{bc}	59.888^{c}	0.088^{b}	75.444^{c}	87.000^{c}

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هرستون، براساس آزمون LSD در سطح احتمال ٪ ۵ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column have no significant difference at the 5% probability level based on the LSD test.

این محققان عنوان کردند که گیاه شاهدانه به اشعه UV حساس بود و این حساسیت به UV-C بیش از UV-A بود (۲۶). در پژوهش شاهبداغلو و همکاران (۲۹) اثر کاهشی پرتو فرابنفش A بر رشد و عملکرد آرتیشو گزارش شده است. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه شایگان‌فر و همکاران (۳۲) تابش پرتو فرابنفش A باعث افزایش ارتفاع آویشن دنایی و آویشن باغی شد. در این مطالعه پرتو فرابنفش A تأثیری بر ارتفاع آویشن قره‌باغی نداشت، هر چند طول میانگره را به صورت معنی‌داری کاهش داد. این محققان پاسخ متفاوت گونه‌های مختلف آویشن به پرتو فرابنفش را به تفاوت در خصوصیات ژنتیکی گونه‌ها و شرایط اقلیمی خاستگاه آن‌ها نسبت دادند. بر همین اساس تفاوت‌هایی که بین ارقام گل گندم در پاسخ به پرتو فرابنفش A مشاهده گردید را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی متفاوت آن‌ها نسبت داد.

بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که کاربرد پرتو فرابنفش A منجر به کاهش تعداد روز تا ظهور اولین غنچه گل و تعداد روز تا باز شدن اولین گل در ارقام گل گندم نسبت به تیمار شاهد گردید. تیمار پرتو فرابفش B باعث گلدهی زودتر گل گندم در مقایسه با فرابنفش A گردید. با این‌حال سریع‌ترین ورود به فاز زایشی و گلدهی ارقام گل گندم با کاربرد همزمان فرابنفش A و B مشاهده شد. نتایج ما در این بخش با نتایج شایگانفر و همکاران (۳۲) مطابقت داشت. این محققان گزارش کردند که تیمار فرابنفش B بیش‌ترین اثر مثبت را در زود به گل رفتن آویشن دنایی و آویشن قره‌باغی داشت. علاوه براین عنوان کردند که پرتو فرابنفش A نیز نسبت به تیمار شاهد موجب گلدهی زودتر گیاهان شد. مکانیسم‌ها یا سازوکارهای گیاهان مختلف در برابر تنش عمدتاً به محل رویش و ژنتیک آن‌ها بستگی دارد. این سازوکارها دربرگیرنده سه راهبرد اصلی در گیاهان مختلف شامل "اجتناب از تنش"، "تحمل تنش" و "فرار از تنش" است (۱۲، ۳۰). فرار از تنش در گیاهان "زودگذر" یا گیاهان ساکن در بیابان دیده می‌شود و بیش‌تر برای فرار یا جلوگیری از برخورد به دوره تنش‌زا دیده می‌شود. از جمله فرآیندهای مهم برای کاهش دوره زندگی یا فصل رشد، فرآیند زود گلدهی در این گیاهان است (۱۲). به‌نظر می‌رسد فرآیند تکمیل رشد و زود گلدهی در گونه‌های گل گندم تحت تنش پرتو فرابنفش در مقایسه با تیمار شاهد به نوعی سازوکار این گیاهان برای "فرار از تنش" باشد.

در مقایسه بین ارقام مختلف نیز مشاهده گردید که رقم Kornblume rot از نظر اغلب صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول و عرض برگ، وزن تر و خشک بوته، وزن خشک ساقه و وزن تر و خشک گل بالاترین مقادیر را به خود اختصاص داد. با این وجود رقم Kornblume pink با داشتن تعداد گل‌های بیشتر، بالاترین عملکرد گل را در بین ارقام نشان داد. از نظر زمان گلدهی نیز رقم Kornblume pink سریع‌تر از سایر ارقام وارد فاز زایشی و گلدهی شد. تفاوت بین ارقام و گونه‌های مختلف یک گیاه از ورود به فاز زایشی مربوط به مسائل ژنتیکی مختص به هر رقم و گونه است. این تفاوت‌ها در مطالعه شایگانفر و همکاران (۳۲) نیز گزارش شده است.

در این مطالعه تیمار فرابنفش منجر به کاهش رشد و نمو هر سه گونه گل گندم گردید. با این‌حال تیمار فرابنفش A کم‌ترین تأثیر منفی را بر شد و عملکر گل گندم داشت. همچنان‌که فرابنفش A تأثیری بر ارتفاع بوته، عرض برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک گل، تعداد گل و عملکرد گل نداشت. با توجه به سطح انژی کمتر این طیف از پرتو فرابنفش این نتیجه قابل پیش‌بینی بود. بر خلاف این تیمار، پرتو فرابنفش B و کاربرد همزمان فرابنفش A و B منجر به کاهش رشد و نمو گل گندم شدند، اما تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد گل خشک (به‌عنوان اندام دارویی اصلی گل گندم) نداشتند. علاوه براین در همه تیمارهای فرابنفش گلدهی زودتر گونه‌های گل گندم مشاهده شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که وجود پرتو فرابنفش در محیط به دلیل اثرات مثبتی که بر تولید متابولیت‌های ثانوی و گلدهی زودتر دارد و عدم تأثیر منفی قابل توجه آن بر عملکرد گل گیاه، می‌تواند به عنوان یک فاکتور مثبت در نظر گرفته شود. در پایان، رقم Kornblume pink نیز با داشتن تعداد گل‌های بیشتر، بالاترین عملکرد گل و گلدهی سریع‌تر نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه برای کشت مناسب‌تر است.

منابع

1- Agrawal S.B., Rathore D., and Singh A. 2004. Effect of supplemental Ultraviolet-B and mineral nutrients on growth, biomass allocation and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Tropical Ecology 45: 315–325.

2- Agrawal S.B., Singh S., and Kumari R. 2009. Effects of supplemental ultraviolet-b radiation on growth and physiology of *Acorus calamus* L. (sweet flag). Acta biologica Cracoviensia. Series Botanica 51(2): 19-27.

3- Bernal M., Verdaguer D., Badosa J., Abadía A., Llusia J., Penuelas J., Nunez-Olivera E., and Llorens L. 2015. Effects of enhanced UV radiation and water availability on performance, biomass production and photoprotective mechanisms of Laurus nobilis seedlings. Environmental and Experimental Botany 109: 264–275.

4- Booji-James I.S., Dubes S.K., Jansen M.A.K., Edelman M., and Mattoo A.K. 2000. Ultraviolet-B radiation impacts light-mediated turnover of the photosystem II reaction center heterodimer in Arabidopsis mutant altered in phenolic metabolisms. Journal of Plant Physiology 124: 1275-1283.

5- Buchholz G., Ehmann B., and Wellman E. 1995. Ultraviolet light inhibition of phytochorome induced flavonoid biosynthesis and DNA photolyase formation in mustard cotyledons (*Synapis alba* L.). Plant Physiology 108: 227-234.
6- Damian J. Allen., Nogues S., and Baker N.R. 1998. Ozone depletion and increased UV-B radiation: Is there a real threat to photosynthesis? Journal of Experimental Botany 9(328): 1775-1788.
7- Darras A.I., Demopoulos V., Bali I., and Tiniakou C. 2012. Photomorphogenic reactions in geranium *(Pelargonium x hortotum*) plants stimulated by brief exposures of Ultraviolet-C irradiation. Plant Growth Regulation 68(3): 343-350.
8- Farooq M., Shankar U., Ray R.S., Agrawel N., Verma, K., and Hans R.K. 2005. Morphological and metabolic alterations in duckweed *Spirodela polyrhiza* on long term low level chronic exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety 62: 408–414.
9- Hopkins L, Bond M.A., and Tobin A.K. 2002. Ultraviolet-B radiation reduces the rates of cell division and elongation in the primary leaf of wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Maris Huntsman). Plant Cell and Environment 25: 617–624.
10- Horii A., Mccup P., and Shetty K. 2007. Enhancement of seed vigour following insecticide and phenolic elicitor treatment. Bioresour Technology 98: 623-632.
11- Kataria S., P. Dehariya, K. N. Guruprasad and G. P. Pandey. 2012. Effect of exclusion of ambient solar UV-A/B components on growth and antioxidant respose of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica 54(2): 47-53.
12- Kaur H., Mukherjee S., Baluska F., and Bhatla S. 2015. Regulatory roles of serotonin and melatonin in abiotic stress tolerance in plants. Plant Signaling Behavior 10: 1-8.
13- Keiller D.R., and Holmes M.G. 2001. Effects of long-term exposure to elevated UV-B radiation on the photosynthetic performance of five broad-leaved tree species. Photosynthesis Research 67(3): 229-40.
14- Krizek D.T., Britz S.J., and Mirecki R.M. 1998. Inhibitiry effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire Lettuce. Physiologia Plantarum 103: 1-7.
15- Kumari R., and Agrawal S.B. 2010. Supplemental UV-B induced changes in leaf morphology, physiology, and secondary metabolites of an Indian aromatic plant *Cymbopogon citratus* (D.C.) Staph under natural field conditions. International Journal of Environmental Studies 67: 655-675.
16- Kuś P.M., Jerković I., Tuberoso C.I.G, Marijanović Z., Congiu F. 2014. Corn-flower (*Centaurea cyanus* L.) honey quality parameters: chromato- graphic fingerprints, chemical biomarkers, antioxidant capacity and others. Food Chemistry 142: 8-12.
17- Larkum A.W.D., and Wood W.F. 1993. The effect of UV-B radiation on photosynthesis and respiration of phytoplankton, benthic macroalgae and seagrasses, Photosynthesis Research 36: 17-23.
18- Maffei M., Canova D., Bertea C.M., and Scannerini S. 1999. UV-A effects on photomorphogenesis and essential-oil composition in *Mentha piperita*. Journal of Photochemistry and Photobiology 52: 105-110.
19- Mahdavian K., Ghorbanli M., Kalantari Kh.M., and Mohamadi Gh. 2006. The effect of different UV bands on physiological and morphological factors of pepper (*Capsicum annum*). Iranian Biology Quarterly 19(1): 43-48. (In Persian with English abstract)
20- McKenzie R.L., Aucamp P.J., Bais A.F., Björn L.O., and Ilyas M., 2007. Changes in biologically-active ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. Journal of Photochemical and Photobiological Sciences 6(3): 218–231.
21- Mohammadi V.A., Zarei H., and Mousavizadeh S.J. 2020. Morphological and biochemical responses of basil under B- and and lack of irrigation in greenhouse conditions. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology 11(1): 85-101. (In Persian with English abstract)
22- Mollai S., Abedini M., and Daei Hassani B. 2014. Effect of UV radiation on some physiological parameters of parsley (*Petroselinum crispum*), Thesis for the degree of MA, Plant Science, Plant physiology orientation, Payame Noor University of Tabriz. (In Persian)
23- Mozaffarian V. 2015. Recognition of medicinal and aromatic plants of Iran. Farhang Moaser Publications, Tehran.
24- Nasibi F., Manouchehri Kalantari K., and Rashidi Ravari M. 2003. Investigation of physiological and morphological changes in some growth parameters due to UV-A, UV-B and UV-C UV radiation in rapeseed (*Brassica napus*). Journal of Research and Construction in Agriculture and Horticulture 60: 97-103. (In Persian)
25- Pourakbar L., and Abedzadeh M. 2014. The effect of UV-B and UV-C radiations on the activity of antioxidant enzymes in (*Melissa officinalis* L.) and the effect of salicylic acid in reducing the stress caused by ultraviolet radiations, Plant Biology of Iran 6(21): 23-34. (In Persian with English abstract)
26- Qandali Doost Z., Hosseini S., and Jamei R. 2010. Investigation of growth parameters and physiological factors of *Cannabis indica* under the influence of different UV bands, National Conference on Biodiversity and its impact on agriculture and environment, National Plant Gene Bank of Iran, Urmia, Iran. (In Persian)
27- Ros J. 1990. On the effect of UV-radiation on elongation growth of sunflower seedlings (*Helianthus annuus* L.) (Thesis) 1-157 in Karlsr, Beitr. Entw.Okophysiol, 8, Tevini, M. (ed.), Bot. Inst. II, Karlsruhe.
28- Santos I., Fidalgo F., Almeida J.M., and Salema R., 2004. Biochemical and ultrastructural changes in leaves of

potato plants grown under supplementary UV-B radiation. Plant Science 167: 925–935.
29- Shahbodaghloo A., Azizi A., Sarikhani H., and Rajabi M. 2015. Effects of UV-A radiation on Antioxidant Capacity, Cinnarine, and Some Morphological Characteristics of Three Artichoke Cultivars. Journal of Greenhouse Crop Science and Technology 7(28): 97-109. (In Persian)
30- Shavrukov Y., Kurishbayev A., Jatayev S., Shvidchenko V., Zotova L., Koekemoer F., de Groot S., Soole K., and Langridge P. 2017. Early Flowering as a Drought Escape Mechanism in Plants: How Can It Aid Wheat Production? Frontiers in Plant Science 8: 1-8.
31- Shayganafar A., Azizi M., and Rasooli M. 2017. Investigation of the effects of different levels of ultraviolet radiation with the application of different antioxidant compounds on the morphological, phenological, physiological and phytochemical reactions of three species of thyme, Ph.D. Thesis, Horticultural Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad. (In Persian)
32- Shayganfar A., Azizi M., and Rasouli M. 2018. Various strategies elicited and modulated by elevated UV-B radiation and protectant compounds in Thymus species: Differences in response over treatments, acclimation and interaction. Industrial Crops and Products 113: 298-307.
33- Tohidi Moghadam H.R., Sani B., Sheybani H.A., and Modarres Sanavy S.M.A. 2016. Effect of elevated CO_2, drought stress and ultra violet on quantity and quality characteristics in two autumn cultivars of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Environmental Sciences 14(3): 57-72. (In Persian with English abstract)
34- Torre s., Olsen J, E., Roro A.G., and Terfa M.P. 2014. Effects of UV radiation on growth and postharvest characteristics of three pot rose cultivars grown at different altitudes. Scientia Horticulturae 178: 184-191.
35- Tsormpatsidis E., Henbest R.G.C., Davis F.J., Battey N.H., Hadley P., and Wagstaffe A. 2008. UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce ‘‘Revolution’’ grown under polyethylene films. Environmental and Experimental Botany 63: 232–239.
36- Turunen M., Hiller W., Sttich S., Sandermann H., Sutinen M.L, and Norokorpi Y. 1999. The effect of UV exclusion on the soluble phenolics of young Scots pine seedlings in the subarctic. Environmental Pollution 106: 219-228.
37- Ulm R., and Jenkins G. 2015. Question and answer: How do plants sense and respond to UV-B radiation? BMC Biology 13: 1-6.
38- Verdaguer D., Jansen M.A., Llorens L., Morales L.O., and Neugart S. 2017. UV-A radiation effects on higher plants: Exploring the known unknown”. Plant Science 255: 72–81.
39- Zargari A. 1996. Medicinal Plants Volume III. Institute of Printing and Publishing, University of Tehran. Tehran. (In Persian)
40- Zhang W.J., and Björn L.O. 2009. The effect of ultraviolet radiation on the accumulation of medicinal compounds in plants. Fitoterapia 80: 207-218.

Journal of Horticultural Science
Vol. 35, No.3, Fall 2021, P. 413-425
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص. ۴۲۵-۴۱۳
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Effect of UV Radiation on Growth, Morphology and Phenology of Three Cornflower Cultivars (*Centaurea cyanus*)

M. Rastegar[1]- H. Mumivand[2*]- A. Shayeganfar[3]- A.H. Rezaeinejad[4]

Received: 05-09-2020
Accepted: 17-11-2020

Introduction: In the last decades, human activities have had adverse effects on the atmosphere and the stratospheric ozone layer, resulting in an increase in the ultraviolet radiation on the ground, especially in highlands. Among living organisms, plants are the most exposed to ultraviolet rays due to their high and unavoidable need to light for photosynthesis, and are therefore more vulnerable to them. Plants show different responses to ambient UV radiation. The response of plants to ultraviolet light is manifested in two general ways, including tolerating the destructive effects of this radiation or/and avoiding it. The present study was conducted to evaluate the effect of ultraviolet light on growth, morphological and phenological characteristics of three cornflower cultivars under greenhouse conditions in 2018.

Materials and Methods: The experiment was performed as a split plot in a completely randomized design. Ultraviolet light was considered as the first factor in four levels (including: control, ultraviolet –A radiation, ultraviolet -B radiation and ultraviolet A + B radiations) and three cornflower cultivars (including: 'Kornblume pink', 'Kornblume rot' and 'Kornblume blau') as the second factor. The UV treatment was applied by lamps made by Q-Lab Co, USA. It should be noted that the 40-watt lamps used in this study were broadband and had the highest compliance with ultraviolet B (in the case of UV-B lamps) and ultraviolet A (in the case of UV-A lamps) received from the sun on the ground. So they provided the best possible simulation. During the growth period of plants, phenological traits were recorded and morphological traits and biomass traits were measured at the end of the experiment.

Results and Discussion: The results showed that UV-B radiation and simultaneous application of UV-A and UV-B radiations resulted in the reduction of the most morphological traits and yield traits including plant height, internode length, leaf width, leaf area, flowering stem length, plant fresh and dry weight, leaf dry weight, flower dry weight and number of flowers. However, flower yield was not affected by ultraviolet radiations. UV-A treatment reduced the flowering stem length and fresh and dry weight of plant in compared to the control treatment, but it had no significant effect on plant height, leaf width, leaf dry weight, flower dry weight and number of flowers. Plants response to ultraviolet radiation is very different. In many species, it has been observed that UV-A does not have a negative effect on plant growth, while, UV-B reduced the growth and yield of plants. It seems that the main reason for the reduction of plant growth and production is prevention of cell division caused by ultraviolet radiation. Degradation of plant pigments (chlorophyll) is also one of the main reason of photosynthesis decrease led to plant growth and yield reduction. The results of the present study showed that the application of UV-A reduced the number of days until the emersion of the first flower bud and the number of days until the opening of the first flower in cornflower cultivars compared to the control. UV-B treatment forced cornflowers to earlier flowering than UV-A. However, the fastest entry into the reproductive and flowering phase of cornflower cultivars was observed with the simultaneous application of UV-A and B radiations. Plants mechanisms against environmental stresses mainly depend on their origin and genetic factors. These mechanisms include three main strategies including "avoidance", "tolerance" and "escaping". One of the most important ways to reduce the life cycle is early flowering. It seems that the process of early flowering and completing the growth in cornflower species is a kind of stress escaping under ultraviolet radiation stress.

Conclusion: In this study, ultraviolet radiation reduced the growth and development of all three species of cornflowers. However, UV-A treatment showed the least negative effect on flower yield of plants. On the contrary, UV-B radiation and simultaneous application of UV-A and UV-B radiations reduced the growth and development of cornflowers, but did not have any significant negative effect on the flower yield (as the main useable organ of plant). Therefore, it seems that the ultraviolet radiation can be considered as a positive factor due to its positive effects on the production of secondary metabolites and early flowering and lack of significant negative effects on plant flower yield. Finally, 'Kornblume pink' cultivar, with higher flower yield and earlier flowering, is more

1, 2 and 4- Graduated Student in Master of Science of Horticultural Science, Assistant Professor and Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mumivand.h@lu.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Horticulture and Landscape Engineering, Malayer University, Iran
DOI: 10.22067/jhs.2021.61939.0

suitable for cultivation than other cultivars.

Keywords: Environmental change, Medicinal plants, Ultraviolet A, Ultraviolet B